

Изготовление заготовок и деталей обработкой давлением

Сущность технологического процесса изготовления заготовок и деталей обработкой давлением. Общая характеристика обработки давлением. Физические основы формоизменения при обработке давлением. Влияние обработки давлением на структуру и свойства металла. Строение деформированного металла. Нагрев заготовок перед обработкой давлением и сопутствующие ему явления (возврат, рекристаллизация, перегрев, пережог, термические напряжения, окалинообразование, обезуглероживание поверхностного слоя). Возможные дефекты при нагреве заготовок и мероприятия для их предупреждения. Понятия о горячей, холодной и неполной горячей обработке давлением – 2 часа.

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (ОМД) –

технологический процесс получения заготовок или деталей в результате силового воздействия инструмента на исходную заготовку.

Получаемое изделие – поковка.

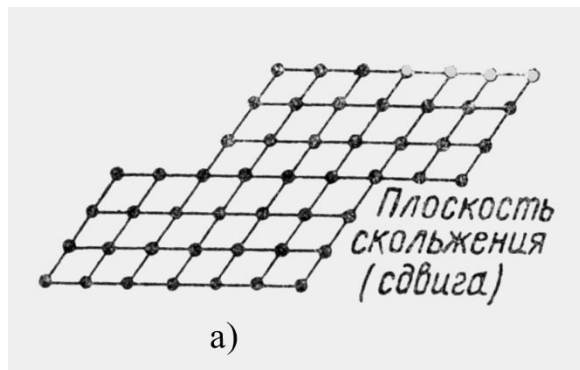
Исходная заготовка – квадратные, прямоугольные или многогранные слитки, кованые заготовки.

Сущность процесса: в результате силового воздействия инструмента на металл происходит смещение атомов металла.

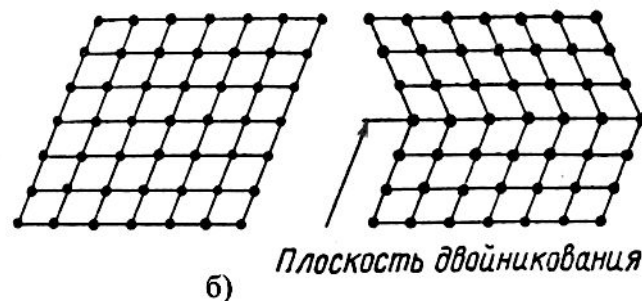
Если величина смещений не превышает расстояния между атомами, возникают упругие деформации, исчезающие после снятия нагрузки.

Если превышают – возникают пластические деформации, не исчезающие после снятия нагрузки.

ОМД основана на пластической деформации металла без нарушения его **сплошности** (связи между атомами не разрушаются). Если происходит нарушение сплошности материала – в теле возникают надрывы и трещины.



скольжение;



двойникование

Деформация при достижении предельных величин приводит к хрупким или вязким разрушениям.

Металлы с ОЦК и ГПУ склонны к хрупкому разрушению; с ГЦК – к вязкому

ОМД выполняется в *холодном, полугорячем и в горячем состояниях*.

При холодной обработке металл предварительно не нагревается.

При полугорячей – нагревается незначительно ($T_{\text{нагр}} < 0,3 T_{\text{пл}}$).

При горячей – нагревается до $T_{\text{нагр}} \geq 0,3 T_{\text{пл}}$ ($T_{\text{пл}} \approx 1530-1550^\circ\text{C}$).

Нагрев металла – в пламенных и электрических печах.

Влияние температуры нагрева на свойства деформированного металла

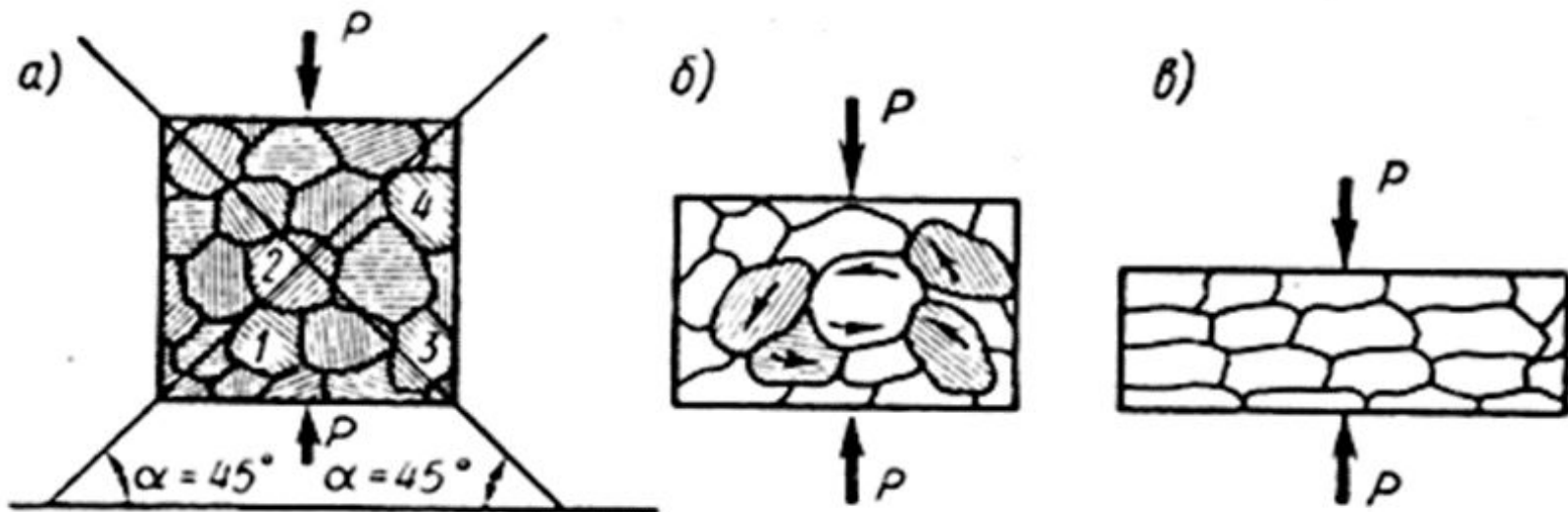
Обработка давлением в холодном состоянии - процесс деформирования не нагретого металла, зерна которого дробятся и вытягиваются в направлении пластического течения металла, создавая полосчатую (волоконную) микроструктуру.

Происходит искажение кристаллической решетки и возникают остаточные напряжения в металле (не исчезающие после снятия внешней нагрузки).

Эти явления вызывают упрочнение или **наклеп** металла.

В 1,5–2 раза увеличивается прочность и твердость металла и одновременно снижается его пластичность.

Схема развития пластической деформации



Наклеп - явление упрочнения металла при пластической деформации.



Заготовка до деформации



Заготовка после деформации

- +** Прочность и твердость металла повышаются.
- Пластичность и вязкость металла снижаются.

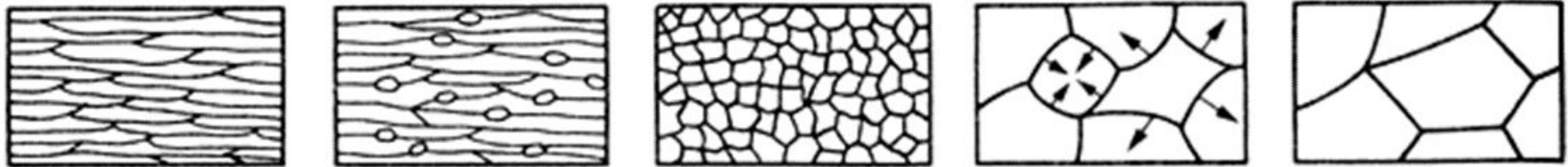
Обработка давлением в горячем состоянии - процесс деформирования предварительно нагретого металла до $T \approx 0,3 T_{пл}$.

Происходят разупрочняющие процессы, уменьшается степень искажения кристаллической решетки, что снижает уровень остаточных напряжений ($\sigma_{ост}$).

Снижение $\sigma_{ост}$ без изменения размеров и формы деформированных зёрен называется **возвратом**, который частично снимает наклеп металла.

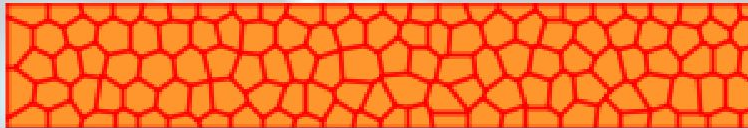
При нагреве деформированного металла до температур $\approx 0,4 T_{пл}$ для чистых металлов и $(0,5 - 0,6) T_{пл}$ для сплавов в твёрдом металле начинают расти новые зёрна, заменяющие вытянутые деформированные, упрочнение полностью снимается, и свойства материала приближаются к исходным.

Рекристаллизация – явление зарождения и роста новых равноосных зёрен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



Результат: обеспечивается образование нормальной структуры, снижается степень искажения кристаллической решетки, исчезает анизотропия свойств, увеличивается пластичность, снижается твердость и улучшается обрабатываемость резанием.

Рекристаллизация - явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



Заготовка до деформации

Нагреваем заготовку до температуры T_p и деформируем:



Заготовка после деформации

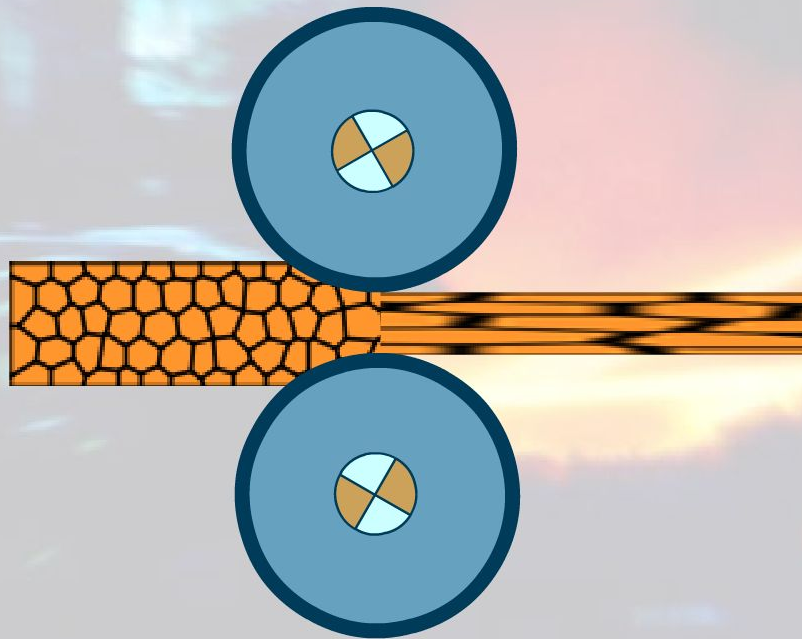
Температура рекристаллизации - температура нагрева металла, при которой в нагреваемом металле начинается процесс рекристаллизации.

$$T_p = a T_{пл},$$

где a -коэффициент, зависящий от состава и структуры металла;

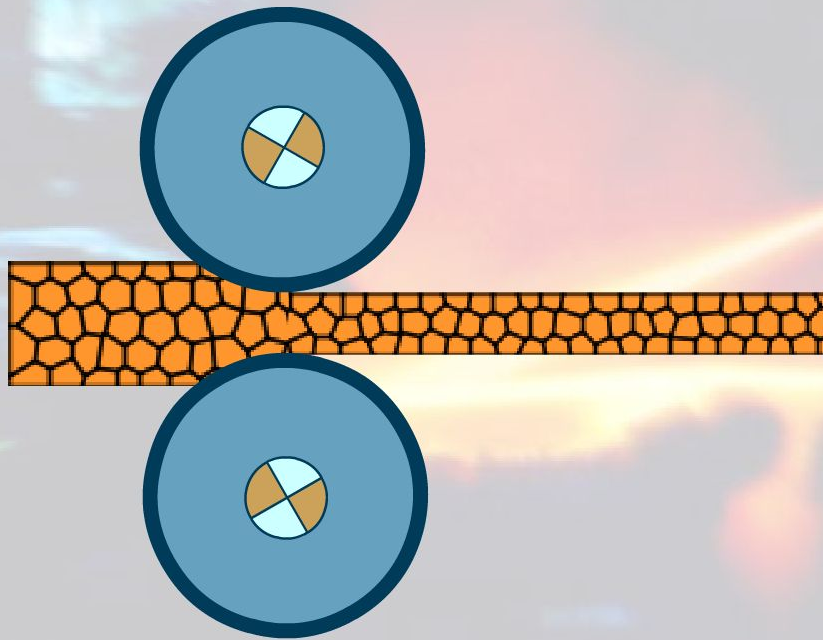
$T_{пл}$ -температура плавления.

Схема изменения микроструктуры металла при холодной деформации



Холодная деформация - это деформация, которая происходит ниже температуры рекристаллизации.

Схема изменения микроструктуры металла при горячей деформации



Горячая деформация - это деформация, которая происходит выше температуры рекристаллизации.

При нагреве до слишком высоких температур могут возникнуть *перегрев* и *пережог*.

Перегрев характеризуется резким ростом размеров зерна, обуславливающим снижение пластичности металла.

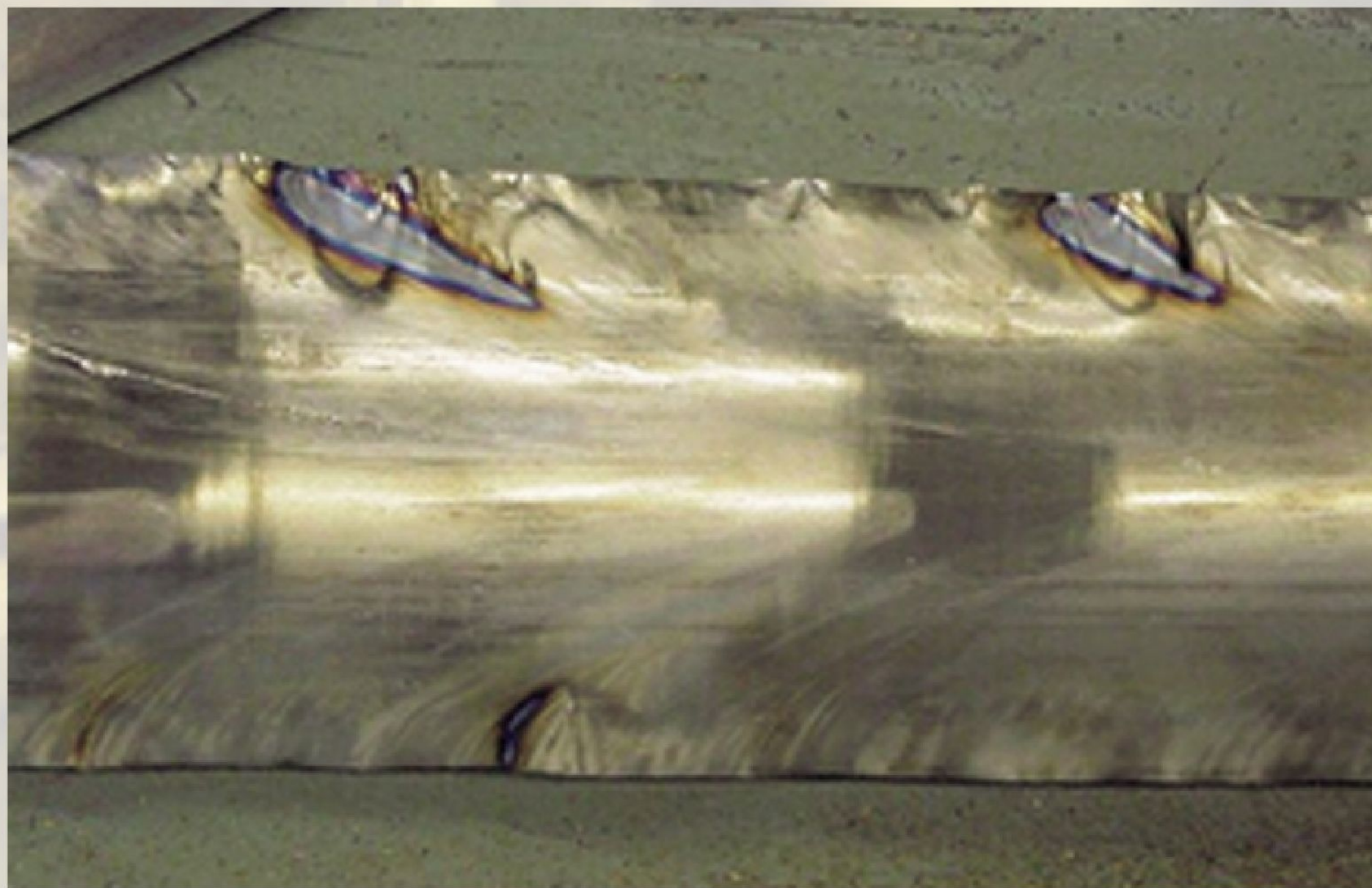
Перегрев ухудшает свойства получаемых изделий и его следует избегать.

Последствия перегрева в большинстве случаев можно исправить последующей термообработкой (отжигом), но для ряда материалов такое исправление вызывает значительные трудности.

Пережог возникает при более высоких температурах, чем перегрев и характеризуется окислением и оплавлением границ зерен, что нарушает связь между ними.

Материал не может обрабатываться давлением и должен быть отправлен на переплавку (неисправимый брак).

Т. е. при слишком низких температурах образуется наклеп металла, при слишком высоких - перегрев и пережог.



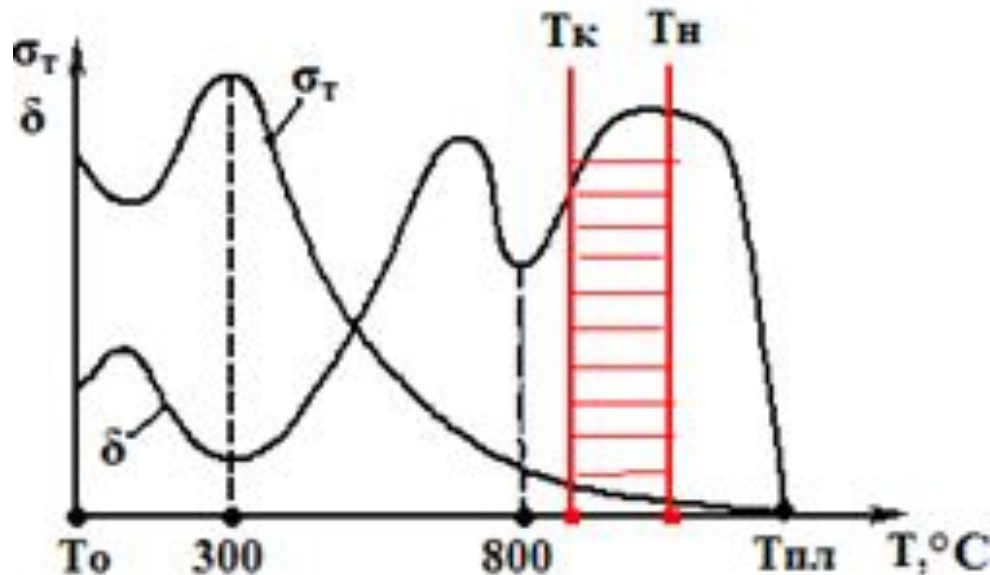
Выбор диапазона температур нагрева металла.

С увеличением T , как правило, пластичность повышается. Но!!!....

У мало- и среднеуглеродистых сталей с повышением T пластичность повышается, у шарикоподшипниковых сталей – не изменяется, а у высоколегированных – снижается.

Область максимальной пластичности расположена между оптимальными T начала и конца горячей деформации конкретного материала, который называется *температурным интервалом горячей обработки давлением*.

Зависимость механических характеристик от температуры представлена на рис.



σ_T – предел текучести;

$\delta, \%$ – относительное удлинение;

T_0 – комн. температура ($T_0=20^\circ\text{C}$);

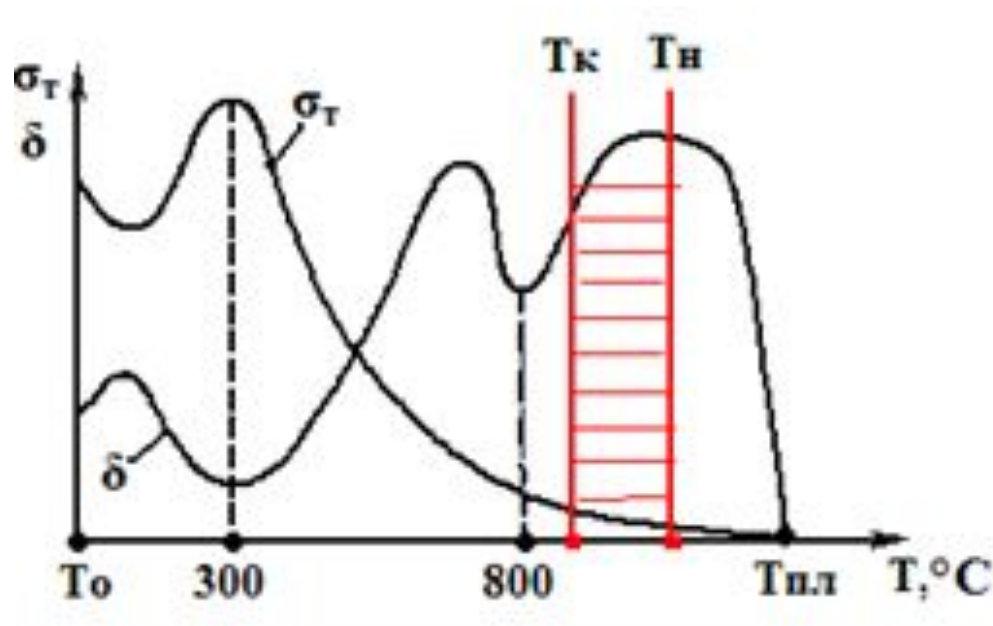
T_H – температура начала горячей обработки давлением;

T_K – температура конца горячей обработки давлением.

Заштрихованная область – температурный интервал горячей обработки давлением для углеродистой стали.

При обработке металлов давлением необходимо учитывать следующие положения:

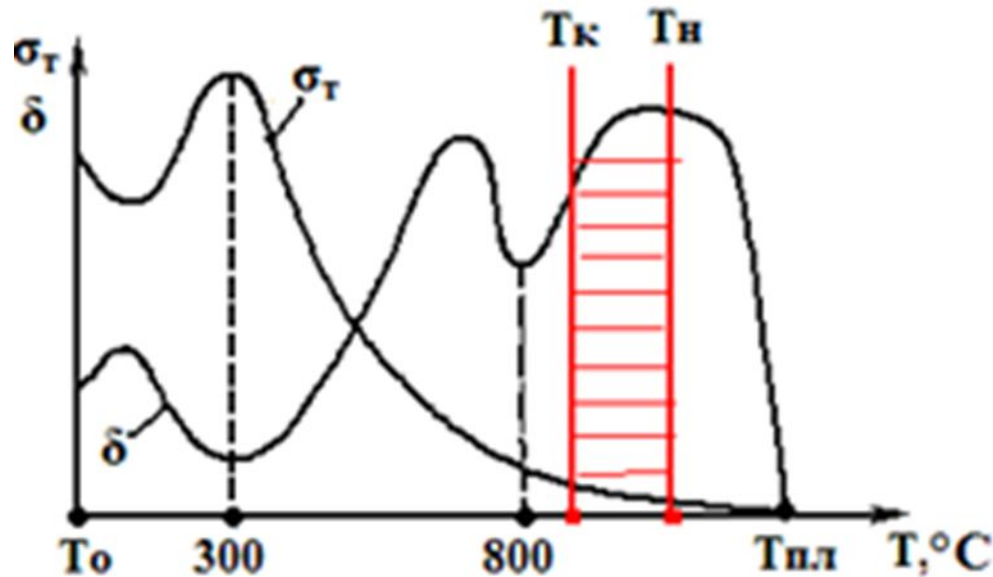
1. При нагреве углеродистой стали до $T = 100^\circ\text{C}$ происходит небольшое снижение σ_T и увеличение δ . Затем материал попадает в *зону синеломкости* (значительно увеличивается σ_T и снижается δ , экстремальные значения которых соответствуют 300°C).
2. При 1000°C σ_T уменьшается в 10 и более раз. Но в области $T = 800\text{--}850^\circ\text{C}$ материал попадает в *зону краснеломкости*, характеризующуюся значительным снижением δ вследствие повышения хрупкости примесей, располагающихся по границам зерен.
3. При T выше $1250\text{--}1300^\circ\text{C}$ материал попадает в зону резкого роста зерен, снижается δ – перегрев.



4. При нагреве выше зоны перегрева (до $T=1450^{\circ}\text{C}$) материал попадает в зону почти полной потери пластичности (резким ростом хрупкости), обусловленной окислением и оплавлением границ зёрен (*пережог*).

5. При $T_{пл}$ пластичность металла равна нулю.

6. Низкая $T_{нагр}$ металла приводит к его упрочнению (наклепу), что снижает пластичность (может вызвать разрушение заготовки).



Интервал обработки ($T_H - T_K$) назначается отдельно для конкретной марки стали.

Характеристики материала, обрабатываемого давлением

Пригодность материала к конкретному способу обработки характеризуется основными свойствами материала.

1. Пластичность – способность материала пластически деформироваться без разрушения

(находится в прямой зависимости от хим. состава, структуры и фазового состава структуры материала).

1.1. Химический состав.

С повышением содержания S в стали пластичность падает. Олово, свинец и сера, располагаются по границам зерен сплава и расплавляются в первую очередь ($T_{пл}$ низкая), что приводит к потере пластичности при нагреве.

1.2. Структура металла.

Металлы с мелким зерном пластичнее крупнозернистого.

Металл отливок менее пластичен, чем после обработки давлением, т.к. литая структура имеет резкую структурную неоднородность.

1.3. Фазовый состав структуры.

зависит от скорости охлаждения металла (выше скорость охл. – ниже пластичность):
феррит, перлит, сорбит, тросты, бейнит, мартенсит.

2. Формоизменяемость – свойство металла изменять свою форму под действием силового воздействия инструмента не разрушаясь.

- называется *ковкостью* при ковке,
и *штампуемостью* при штамповке.

- существенно зависит от пластичности (выше пластичность – материал выдерживает без разрушения большее количество суммарного силового воздействия)

3. Деформируемость – способность материала в конкретных термомеханических условиях обработки давлением пластически деформироваться без значительного сопротивления.

Материал с повышенным сопротивлением пластической деформации, называется *труднодеформируемым материалом*, а низким – хорошо деформируемым.

- зависит от T нагрева металла (с повышением T – деформируемость улучшается).